

# ЗМІНИ КОНЦЕНТРАЦІЇ СЕЛЕНУ ТА АКТИВНОСТІ ГЛУТАТІОНОВОЇ АНТИПЕРОКСИДНОЇ СИСТЕМИ КРОВІ ВНАСЛІДОК СКЕЛЕТНОЇ ТРАВМИ, ПОЄДНАНОЇ З ЧЕРЕПНО-МОЗКОВИМИ УШКОДЖЕННЯМИ

*П.Є. Ковальчук, С.В. Тулюлюк, М.В. Гасько, Л.В. Мікулець, Ю.М. Мишковський*

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

Селен – це мікроелемент, який входить до складу глутатіонпероксидази (GPx) у вигляді амінокислоти селеноцистеїну і є тим ключовим елементом, без якого вона не може функціонувати. За результатами досліджень University of Otago (2024) встановлено, що при зниженні вмісту селену у плазмі крові <70 мкг/л відбувається зменшення рівня активності GPx більш ніж на 50 %, що супроводжується зростанням рівня запальних маркерів.

**Мета** – дослідити зміни концентрації селену та глутатіонові антипероксидної системи крові внаслідок скелетної травми, поєднаної з черепно-мозковими ушкодженнями.

**Матеріал і методи.** Обстежено 45 пацієнтів, що перебували на лікуванні у травматологічному для дорослих та нейрохірургічному відділеннях ОКНП «Чернівецька лікарня швидкої медичної допомоги». Пацієнтів розподілено на 3 (А, В, С) групи. Критерії включення до груп: група А – пацієнти з поєднаною травмою (тяжкий ступінь черепномозкової травми (ЧМТ) та пошкодження опорно-рухового апарату (ОРА), які потребували підтримки життєдіяльності; група В – пацієнти з поєднаною травмою (середній ступінь ЧМТ та пошкодження ОРА); група С – контрольна, пацієнти з поєднаною травмою (легкий ступінь ЧМТ та пошкодження ОРА). Усім пацієнтам виконано оперативне втручання – металоостеосинтез апаратами зовнішньої фіксації. Критерії виключення: вроджені вади розвитку та відсутність інформованої згоди на участь у дослідженні. Біоматеріалом для дослідження були плазма та еритроцити крові пацієнтів, забір яких проводили на 1-шу, 7-му та 14-ту добу з дотриманням усіх правил підготовки та зберігання. Проби досліджували з використанням селективного атомно-абсорбтивного спектрометра «Perkin-Elmer AAnalyst 400». Дослідження виконували з дотриманням основних положень GCP (1996 р.), Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (1997 р.), Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участі людини (1964-2008 рр.), наказу МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р. (зі змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я України № 523 від 12.07.2012 р.). Отримано схвалення Комісії з питань біоетики Буковинського державного медичного університету (Протокол № 2 від 9.02.2015 р.). Статистичний аналіз даних проводили з використанням програмного забезпечення «Statistica» (StatSoft Inc., Version 13.0, США). Визначено середнє арифметичне вибірки ( $M$ ), середньоквадратичне відхилення ( $S$ ), стандартна похибка ( $m$ ) з використанням критерію Шапіро-Вілка та критерію Колгоровова-Смірнова. Кількісні показники у вибірках із нормальним розподілом оцінювали з використанням критерію Стьюдента, статистична достовірність результатів визначена при  $p < 0,05$ . Дослідження виконано в межах ініціативної науково-дослідної роботи кафедри травматології, ортопедії та нейрохірургії на тему: «Розробка і впровадження нових технологій остеосинтезу та ендопротезування», 0122U002210.

**Результати.** Отримано достовірне підтвердження зниження вмісту селену у плазмі крові внаслідок поєднаної травми. За результатами дослідження матеріалу, який було забрано у 1-шу добу, у пацієнтів групи А спостерігали зменшення середнього показника вмісту селену на 47.0 %, групи В – на 43.0 % порівняно з групою С (контрольною). На 7-му добу показники децю підвищилися і у групі А були на 31.5 %, а у групі В – на 26.1 % меншими, ніж у групі С. На 14-ту добу вміст селену у групі А на 10.2 %, у групі В – на 5.9 % залишався меншим, ніж у контрольній групі. Спостерігали також стійкі зміни активності GPx: 1-ша доба – у пацієнтів груп А та В активність була менша, ніж у групі С на 29.03 % та 12. 9% відповідно; 7-ма доба – у групі А

**Ключові слова:** селен, дефіцит, глутатіонпероксидаза, плазма, поєднана травма.

Клінічна та експериментальна патологія. 2026; Т.25, № 1 (95). С. 52-58.

DOI 10.24061/1727-4338.XXV.1.95.2026.07

E-mail: kovalchukpetro@bsmu.edu.ua

менша на 23.52 %, у групі В – на 11.76 %; 14-та доба – менша у групі А на 19.4 %, у групі В – на 11.11 %.

**Висновки.** 1. Достовірне зниження вмісту селену в плазмі крові пацієнтів груп А та В порівняно з групою С є характерною ознакою гострого періоду при поєднаній травмі. 2. Зниження активності глутатіонпероксидази у крові пацієнтів груп А та В порівняно з групою С до завершення періоду спостереження засвідчує про тривале пригнічення антиоксидантної системи організму при поєднаній травмі. 3. Недостовірна відмінність між ступенем зниження вмісту селену та активності глутатіонпероксидази у пацієнтів груп А та В демонструє неспецифічність порушень досліджених показників, які є характерним наслідком поєднаної травми. 4. Дефіцит вмісту селену та глутатіонпероксидази, спричинений поєднаною травмою, потребує фармацевтичної антиоксидантної корекції.

## CHANGES IN SELENIUM CONCENTRATION AND ACTIVITY OF THE BLOOD GLUTATHIONE ANTIPEROXIDE SYSTEM AS A RESULT OF SKELETAL INJURY COMBINED WITH CRANIAL DAMAGES

*P.Ye. Kovalchuk, S.V. Tuliuliuk, M.V. Gasko, L.V. Mikulets, Y.M. Myshkovsky*

**Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine**

*Selenium is a trace element that is part of glutathione peroxidase in the form of the amino acid selenocysteine and is the key element without which it cannot function. According to the results of research by the University of Otago (2024), it has been found that when the amount of selenium in the blood plasma decreases to <70 µg/l, the level of GPx activity decreases by more than 50 % and is accompanied by an increase in the level of inflammatory markers.*

**Objective** – to investigate changes in the concentration of selenium and the glutathione antiperoxide system in the blood as a result of skeletal trauma combined with craniocerebral injuries.

**Material and methods.** The study used the results of the examination of 45 patients who were treated in the adult traumatology and neurosurgical departments of the Chernivtsi Emergency Medical Hospital (CHEMH). All patients who participated in the study were divided into 3 (A, B, C) groups. The inclusion criteria for the groups were: group A consisted of patients with combined trauma (severe TBI and ORA damage) requiring life support; group B consisted of patients with combined trauma (moderate TBI and ORA damage); group C was the control group, patients with combined trauma (mild TBI and ORA damage). All patients underwent surgical intervention – metal osteosynthesis with external fixation devices. Exclusion criteria were: congenital malformations and lack of informed consent to participate in the study. The biomaterial for the study was plasma and erythrocytes of patients' blood, which were collected on days 1, 7 and 14 in compliance with all preparation and storage rules. The samples were examined using a selective atomic absorption spectrometer "Perkin-Elmer AAnalyst 400". The study was carried out in compliance with the basic provisions of GCP (1996), the Council of Europe Convention on Human Rights and Biomedicine (1997), the Declaration of Helsinki of the World Medical Association on the Ethical Principles of Conducting Scientific Medical Research Involving Human Subjects (1964-2008), Order of the Ministry of Health of Ukraine No. 690 dated 09.23.2009 (as amended by the Order of the Ministry of Health of Ukraine No. 523 dated 07.12.2012). Approval was obtained from the Bioethics Commission of the Bukovinian State Medical University (Protocol No. 2 dated 02.09.2015). Statistical analysis of the data was performed using the software "Statistica" (StatSoft Inc., Version 13.0, USA). Statistical values were determined taking into account the average arithmetic mean of the sample (M), average quadratic deviation (S), standard error (m), using the Shapiro-Wilk criterion and the Kolmogorov-Smirnov criterion. Quantitative indices in samples with a normal distribution were evaluated using the Student's test, the statistical reliability of the results was determined at  $p < 0.05$ . The study was carried out within the framework of the initiative research work of the Department of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery on the topic: "Development and implementation of new technologies of osteosynthesis and endoprosthesis", 0122U002210.

**Results.** We received reliable confirmation of a decrease in the amount of selenium in the blood plasma as a result of combined trauma. According to the results of the

**Key words:** *selenium, glutathione peroxidase, plasma, deficiency, combined trauma.*

Clinical and experimental pathology 2026. Vol. 25, № 1 (95). P. 52-58.

study of the material taken on day 1, in patients of group A there was a decrease in the average selenium content 47.0 %, in group B 43.0 % compared to group C (control group). On day 7, the indicators increased slightly and the difference in indicators in group A was 31.5 %, and in group B 26.1 % less than in group C. The results of the study of the material on day 14 defined that concentration in group A was less 10.2 %, group B – 5 % than in the control group. In the study of GPx activity, stable changes were also observed: day 1 - in patients of group A the activity was less than in group C 29.03 %, and in group B -12.9 %, respectively; day 7 – group A less 23.52 %, group B > 11.76 %; 14 days - group A > 19.4 %, group B > 11.11 %.

**Conclusions.** 1. A significant decrease in the content of selenium in the blood plasma of patients of groups A and B compared to group C is a characteristic feature of the acute period in combined trauma. 2. Activity decrease of glutathione peroxidase in the blood of patients of groups A and B compared to group C until the completion of the observation period is evidence of a long-term suppression of the antioxidant system of the body in combined trauma. 3. Doubtful difference between the degree of decrease in selenium content and glutathione peroxidase activity in patients of groups A and B demonstrates the nonspecificity of the disorders of the indices under study, which are a characteristic consequence of combined trauma. 4. Deficiency of selenium content and glutathione peroxidase, caused by combined trauma, requires pharmaceutical antioxidant correction.

### Вступ

Захисна здатність організму людини залежить від багатьох чинників, одним з яких є захист від впливу вільних радикалів, що забезпечується нормальним функціонуванням антиоксидантної системи (АОС). Глутатіонпероксидаза (GPx) – це основний фермент АОС, який захищає мембрани клітин, білки та ДНК від пошкодження продуктами вільнорадикального окислення, забезпечуючи системну антиоксидантну дію [1-3].

Селен – це мікроелемент, який входить до складу глутатіонпероксидази у вигляді амінокислоти селеноцистеїну і є тим ключовим елементом, без якого вона не може функціонувати. За результатами досліджень University of Otago (2024) встановлено, що при зниженні вмісту селену у плазмі крові <70 мкг/л відбувається зменшення рівня активності GPx більш ніж на 50 % зростання рівня запальних маркерів [4, 5].

У сучасних джерелах літератури досить широко висвітлена роль селену та необхідність його для нормального функціонування організму людини. Дані щодо динаміки його концентрації у пацієнтів із пошкодженнями опорно-рухового апарату (ОРА) та черепно-мозковою травмою (ЧМТ) поодинокі. Вважають, що вивчення метаболізму селену, впливу на функціонування антиоксидантної системи при таких пошкодженнях та створення схем для корекції концентрації його вмісту в організмі людини сприятиме покращенню результатів лікування і мінімізує негативні наслідки [6-8].

### Мета роботи

Дослідити зміни концентрації селену та глутатіонової антипероксидної системи крові внаслідок скелетної травми, поєднаної з черепно-мозковими ушкодженнями.

### Матеріал і методи дослідження

У дослідженні використано результати обстеження 45 пацієнтів, що перебували на лікуванні у травматологічному для дорослих та нейрохірургічному відділеннях ОКНП «Чернівецька

лікарня швидкої медичної допомоги». Усіх пацієнтів, що брали участь у дослідженні, розподілено на 3 (А, В, С) групи. Критеріями включення до груп були: група А – поєднана травма, тяжкий ступінь ЧМТ та пошкодження ОРА, яка потребувала підтримки життєдіяльності; група В – поєднана травма, середній ступінь ЧМТ та пошкодження ОРА; група С – контрольна, поєднана травма, легкий ступінь ЧМТ та пошкодження ОРА. Усім пацієнтам виконано оперативне втручання – металоостеосинтез апаратами зовнішньої фіксації. Критеріями виключення були: вроджені вади розвитку та відсутність інформованої згоди на участь у дослідженні. Критерії відбору та формування груп представлено у табл. 1.

Біоматеріалом для дослідження були плазма та еритроцити крові пацієнтів, забір яких проводили на 1-шу, 7-му та 14-ту добу з дотриманням усіх правил підготовки та зберігання. Для дослідження крові використовували вакутейнер з содіум-гепарином, 2 пробірки по 4,0 мл. Центрифугування виконували з використанням лабораторної центрифуги SM6.03 при швидкості обертання ротора 1500 об/хв. Після центрифугування відбирали 2,0 мл плазми у пробірку 5,0 ПП та зберігали при температурі від 2°C до 8°C.

Активність глутатіонпероксидази в гемолізаті еритроцитів (1:40) визначали спектрофотометрично при 37 °C в середовищі, що містило 0,05 М Трис-НСІ буфера з 0,34 мМ ЕДТА (рН 8,5), 1 мМ GSH (відновлений глутатіон), 0,38 мМ H<sub>2</sub> O<sub>2</sub>, 10 мМ NaN<sub>3</sub> (для інгібування каталази). Після осадження протеїнів трихлороцтовою кислотою GSH, що залишився, визначали за допомогою реактиву Еллмана. Активність виражали в мкмоль GSH/хв на 1 г Hb. Для розрахунку активності глутатіонзалежних ензимів вимірювали вміст Hb у крові стандартним тест-набором фірми Філісіт-діагностика (Україна).

Вміст селену досліджували з використанням селективного атомно-абсорбтивного спектрометра «Perkin-Elmer AAnalyst 400».

Дослідження виконували з дотриманням основних положень GCP (1996 р.), Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (1997 р.),

Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участі людини (1964-2008 рр.), наказу МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р. (зі змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я України № 523 від 12.07.2012 р.). Отримано схвалення Комісії з питань біоетики Буковинського державного медичного університету (Протокол № 2 від 9.02.2015 р.).

Статистичний аналіз даних проводили з використанням програмного забезпечення «Statistica» (StatSoft Inc., Version 13.0, США). Статистичні величини визначено з урахуванням середньоквадратичного відхилення (S), стандартної похибки (m), середньої арифметичної вибірки (M), з використанням критерію Шапіро-Вілка (нормальний розподіл при кількості вибірки більше 30,  $p < 0,05$ ) та критерію Колгоровова-Смірнова. Кількісні показники у вибірках із нормальним розподілом оцінювали з використанням критерію Стюдента, статистична достовірність результатів визначена при  $p < 0,05$ .

Дослідження виконано в межах ініціативної науково-дослідної роботи кафедри травматології, ортопедії та нейрохірургії на тему: «Розробка і

впровадження нових технологій остеосинтезу та ендопротезування», 2022-2026 рр., 0122U002210, прикладна.

### Результати та їх обговорення

Результати дослідження змін вмісту селену в плазмі крові у пацієнтів із поєднаною травмою (ЧМТ різного ступеня та пошкодженнями ОРА) представлено в табл. 2.

Аналіз отриманих результатів продемонстрував достовірне зниження вмісту селену у плазмі крові внаслідок поєднаної травми. За результатами дослідження матеріалу, який було забрано у 1-шу добу, у пацієнтів групи А спостерігали зменшення вмісту селену на 47.0 %, групи В – на 43.0 % порівняно з групою С ( $p < 0,05$ ). На 7-му добу показники у групах А та В дещо підвищилися і зниження показників у групі А становило 31.5 %, а у групі В – 26.1 % порівняно з групою С ( $p < 0,05$ ). Результати дослідження матеріалу на 14-ту добу показали, що концентрація селену була меншою у групі А на 10.2 % ( $p < 0,05$ ), у групі В – на 5.9 % ( $p > 0,05$ ), ніж у контрольній групі. Результати дослідження зміни активності глутатіонпероксидази у крові внаслідок скелетної травми, поєднаної з черепно-мозковою, представлені в табл. 3.

Таблиця 1

### Критерії відбору та формування клінічних груп

Група		А	В	С
Середній вік пацієнтів		41,5±0,5	38,8±0,5	45,7±0,5
Кількість пацієнтів	Ж	15	17	13
	Ч			
		5 (33,3%)	6 (35,3%)	3 (23,1%)
		10 (67,7%)	11 (64,7%)	10 (76,9%)
Оцінка стану свідомості за шкалою Глазго		9-11 балів	10-12 балів	13-15 балів
Потреба та тривалість перебування пацієнтів у відділення реанімації та інтенсивної терапії		8±1,9 доби	5±1,4 доби	–
Основна причина травми		ДТП – 11 (73,3%)	ДТП – 13 (76,4%)	ДТП – 9 (69,2%)
Ступінь тяжкості ЧМТ		Тяжкий ступінь	Середній ступінь	Легкий ступінь
Наявність шокового стану		Гіповолемічний шок 8 (53,3%)	–	–
Застосування ШВЛ		8 (53,3%)	–	–
Локалізація пошкоджень ОРА	Плечова кістка	2 (13,4%)	–	–
	Кістки передпліччя	–	1 (5,8%)	–
	Стегнова кістка	5 (33,3%)	6 (35,3%)	4 (30,7%)
	Кістки гомілки	8 (53,3%)	10 (58,9%)	9 (69,3%)

Таблиця 2

### Зміни концентрації селену (мкг/л) в плазмі крові внаслідок скелетної травми, поєднаної з черепно-мозковою

Характеристики		Група А, тяжкий ступінь ЧМТ та пошкодження ОРА (n=15)	Група В, середній ступінь ЧМТ та пошкодження ОРА (n=17)	Група С контрольна, легкий ступінь ЧМТ та пошкодження ОРА (n=13)
Вміст селену в плазмі крові	1-ша доба	46.42±2.35 $p < 0,005$	49.89±5.01 $p < 0,005$	87.61±4.12
	7-ма доба	60.01±2.48 $p < 0,01$	64.72±4.89 $p < 0,01$	
	14-та доба	78.61±2.72 $p < 0,05$	82.43±4.96	

Примітки: p – достовірність відмінностей порівняно з контролем

**Зміни активності глутатіонпероксидази (мкмоль GSH/хв на 1 г Hb) у крові внаслідок скелетної травми, поєднаної з черепно-мозковою**

Показники		Група А, тяжкий ступінь ЧМТ та пошкодження ОРА (n=15)	Група В, середній ступінь ЧМТ та пошкодження ОРА (n=17)	Група С, легкий ступінь ЧМТ та пошкодження ОРА (n=13)
Глутатіонпероксидаза	1-ша доба	0.22 (0.20; 0.24)	0.27 (0.25; 0.29)	0.31 (0.29; 0.33)
	7-ма доба	0.26 (0.24; 0.28)	0.30 (0.28; 0.32)	0.34 (0.32; 0.36)
	14-та доба	0.29 (0.27; 0.31)	0.32 (0.30; 0.34)	0.36 (0.34; 0.38)

Щодо активності GPx також спостерігали динаміку: 1-ша доба – у пацієнтів групи А активність була меншою, ніж у групі С на 29.03 %, а в групі В – на 12.9 %; 7-ма доба – у групі А менше на 23.52 %, у групі В – на 11.76 %; 14-та доба – у групі А менше на 19.4 %, у групі В – на 11.11 %. Ці показники засвідчують про виснаження глутатіонової ланки антиоксидантного захисту на всіх етапах дослідження, що, ймовірно, зумовлене посиленням утворення радикальних метаболітів, збільшенням вмісту продуктів пероксидного окислення ліпідів.

Це дослідження продемонструвало зменшення вмісту селену в плазмі крові та зниження активності глутатіонпероксидази у пацієнтів груп А та В протягом усього після отримання травми порівняно з контрольною групою. Узагальнення результатів власних досліджень та даних літератури дає змогу стверджувати, що ці зміни є частиною запальної відповіді внаслідок травми будь-якого генезу та локалізації.

#### Висновки

1. Достовірне зниження вмісту селену в плазмі крові пацієнтів груп А та В порівняно з групою С є характерною ознакою гострого періоду при поєднаній травмі.

2. Зниження активності глутатіонпероксидази у крові пацієнтів груп А та В порівняно з групою С до завершення періоду спостереження засвідчує про тривале пригнічення антиоксидантної системи організму при поєднаній травмі.

3. Недостовірною відмінністю між ступенем зниження вмісту селену та активності глутатіонпероксидази у пацієнтів груп А та В демонструє неспецифічність порушень досліджених показників, які є характерним наслідком поєднаної травми.

4. Дефіцит вмісту селену та глутатіонпероксидази, спричинений поєднаною травмою, потребує фармацевтичної антиоксидантної корекції.

#### Перспективи подальших досліджень

Планується впровадити у програму обстеження хворих з остеопорозом та його наслідками визначення вмісту мікроелементів селену та йоду, стану антиоксидантної системи та, при наявності порушень, методи фармацевтичної корекції.

#### Внесок співавторів у підготовку матеріалів

**наукової статті:** Ковальчук П.Є. – створення концепції та дизайну дослідження; фінальне схвалення версії статті, що подається до публікації; участь у критичному редагуванні рукопису з інтелектуальним внеском; готовність нести відповідальність за роботу та її доброчесність. Тулюлюк С.В. – набір матеріалу; участь у написанні; фінальне схвалення версії статті, що подається до публікації; готовність нести відповідальність за роботу та її доброчесність. Гасько М.В. – набір матеріалу; участь у написанні; фінальне схвалення версії статті, що подається до публікації; готовність нести відповідальність за роботу та її доброчесність. Мишковський Ю.М. – інтерпретація отриманих результатів, участь у критичному редагуванні рукопису з інтелектуальним внеском; фінальне схвалення версії статті, що подається до публікації; готовність нести відповідальність за роботу та її доброчесність. Мікулець Л.В. – інтерпретація отриманих результатів, участь у критичному редагуванні рукопису з інтелектуальним внеском; фінальне схвалення версії статті, що подається до публікації; готовність нести відповідальність за роботу та її доброчесність.

**Використання штучного інтелекту.** При виконанні роботи штучний інтелект не використовувався.

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

**Джерела фінансування.** Самофінансування.

#### Список літератури

- Liu Y, Wan Y, Jiang Y, Zhang L, Cheng W. GPX4: The hub of lipid oxidation, ferroptosis, disease and treatment. *Biochim Biophys Acta Rev Cancer.* 2023;1878(3):188890. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bbcan.2023.188890>
- Rotruck JT, Pope AL, Ganther HE, Swanson AB, Hafeman DG, Hoekstra WG. Selenium: biochemical role as a component of glutathione peroxidase. *Science.* 1973;179(4073):588-90. doi: <https://doi.org/10.1126/science.179.4073.588>
- Oh SH, Ganther HE, Hoekstra WG. Selenium as a component of glutathione peroxidase isolated from ovine erythrocytes. *Biochemistry.* 1974;13(9):1825-9. doi: <https://doi.org/10.1021/bi00706a008>
- Bai S, Zhang M, Tang S, Li M, Wu R, Wan S, Chen L, Wei X, Feng S. Effects and Impact of Selenium on Human Health, A Review.

- Molecules. 2024;30(1):50. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules30010050>
5. Genchi G, Lauria G, Catalano A, Sinicropi MS, Carocci A. Biological Activity of Selenium and Its Impact on Human Health. *Int J Mol Sci.* 2023;24(3):2633. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms24032633>
6. Papp LV, Holmgren A, Khanna KK. Selenium and selenoproteins in health and disease. *Antioxid Redox Signal.* 2010;12(7):793-5. doi: <https://doi.org/10.1089/ars.2009.2973>
7. Xiao Q, Zhang Z, Ji S, Li M, Zhang B, Xu Q, et al. Association between oxidative balance score and thyroid function and all-cause mortality in euthyroid adults. *Sci Rep.* 2025;15(1):6817. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-90491-5>
8. Kubiak K, Szmidi MK, Kaluza J, Zylka A, Sicinska E. Do dietary supplements affect inflammation, oxidative stress, and antioxidant status in adults with hypothyroidism or hashimoto's disease? - A systematic review of controlled trials. *Antioxidants (Basel).* 2023;12(10):1798. doi: <https://doi.org/10.3390/antiox12101798>
3. Oh SH, Ganther HE, Hoekstra WG. Selenium as a component of glutathione peroxidase isolated from ovine erythrocytes. *Biochemistry.* 1974;13(9):1825-9. doi: <https://doi.org/10.1021/bi00706a008>
4. Bai S, Zhang M, Tang S, Li M, Wu R, Wan S, Chen L, Wei X, Feng S. Effects and Impact of Selenium on Human Health, A Review. *Molecules.* 2024;30(1):50. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules30010050>
5. Genchi G, Lauria G, Catalano A, Sinicropi MS, Carocci A. Biological Activity of Selenium and Its Impact on Human Health. *Int J Mol Sci.* 2023;24(3):2633. doi: <https://doi.org/10.3390/ijms24032633>
6. Papp LV, Holmgren A, Khanna KK. Selenium and selenoproteins in health and disease. *Antioxid Redox Signal.* 2010;12(7):793-5. doi: <https://doi.org/10.1089/ars.2009.2973>
7. Xiao Q, Zhang Z, Ji S, Li M, Zhang B, Xu Q, et al. Association between oxidative balance score and thyroid function and all-cause mortality in euthyroid adults. *Sci Rep.* 2025;15(1):6817. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-90491-5>
8. Kubiak K, Szmidi MK, Kaluza J, Zylka A, Sicinska E. Do dietary supplements affect inflammation, oxidative stress, and antioxidant status in adults with hypothyroidism or hashimoto's disease? - A systematic review of controlled trials. *Antioxidants (Basel).* 2023;12(10):1798. doi: <https://doi.org/10.3390/antiox12101798>

## References

1. Liu Y, Wan Y, Jiang Y, Zhang L, Cheng W. GPX4: The hub of lipid oxidation, ferroptosis, disease and treatment. *Biochim Biophys Acta Rev Cancer.* 2023;1878(3):188890. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bbcan.2023.188890>
2. Rotruck JT, Pope AL, Ganther HE, Swanson AB, Hafeman DG, Hoekstra WG. Selenium: biochemical role as a component of

## Відомості про авторів:

**Ковальчук П. Є.** – кандидат медичних наук, доцент, завідувач кафедри травматології, ортопедії та нейрохірургії, Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна.

E-mail: [kovalchukpetro@bsmu.edu.ua](mailto:kovalchukpetro@bsmu.edu.ua)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7658-0978>

**Тулюлюк С. В.** – асистент кафедри травматології, ортопедії та нейрохірургії, Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна.

E-mail: [tulyulyuk\\_serhiy@bsmu.edu.ua](mailto:tulyulyuk_serhiy@bsmu.edu.ua)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1922-1674>

**Гасько М. В.** – кандидат медичних наук, доцент кафедри травматології, ортопедії та нейрохірургії, Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна.

E-mail: [m.hasko2017@gmail.com](mailto:m.hasko2017@gmail.com)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6315-1576>

**Мишковський Ю. М.** – кандидат медичних наук, асистент кафедри загальної хірургії та урології, Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна.

E-mail: [myshkovsky@i.ua](mailto:myshkovsky@i.ua)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8034-365X>

**Мікулець Л. В.** – кандидат медичних наук, асистент кафедри пропедевтики внутрішніх хвороб, Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна.

E-mail: [lvmikulets@ukr.net](mailto:lvmikulets@ukr.net)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1729-4151>

## Information about authors:

**Kovalchuk Petro** – PhD, Assistant Professor, Head of Traumatology, Orthopaedics and Neurosurgery Department, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: [okspolyan@ukr.net](mailto:okspolyan@ukr.net) E-mail: [kovalchukpetro@bsmu.edu.ua](mailto:kovalchukpetro@bsmu.edu.ua)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3889-7568>

**Tulyulyuk Serhiy** – Assistant Professor, Traumatology, Orthopaedics and Neurosurgery Department, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: [tulyulyuk\\_serhiy@bsmu.edu.ua](mailto:tulyulyuk_serhiy@bsmu.edu.ua)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1922-1674>

**Hasko Mikhailo** – PhD, Assistant Professor, Traumatology, Orthopaedics and Neurosurgery Department, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: [m.hasko2017@gmail.com](mailto:m.hasko2017@gmail.com)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6315-1576>

**Myshkovskii Yuriy** – PhD, Assistant Professor, General Surgery and Urology Department, Bukovinian State Medical University, (Chernivtsi, Ukraine).

E-mail: [myshkovsky@i.ua](mailto:myshkovsky@i.ua)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8034-365X>

**Mikulets Liudmyla** – PhD, Assistant Professor, Propaedeutics Internal Disease Department, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: [lvmikulets@ukr.net](mailto:lvmikulets@ukr.net)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1729-4151>

*Дата першого надходження рукопису до видання: 04.02.2026*  
*Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 20.02.2026*  
*Дата публікації: 25.03.2026*

